

TINJAUAN ULANG (REVIEW)

PARTENOKARPI: BUAH TANPABIJI - APA, MENGAPADAN BAGAIMANA [Parthenocarpy: Seedless Fruit - What, Why and How]

LAgus Sukanto

Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Cibinong Science Center, Jln Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911
e-mail: lazarus_agus@yahoo.com

ABSTRACT

Fruit growth and development occurred in plant for producing the offspring. Pollination and fertilization will form embryo and seed, which produce and supply plant growth regulators (PGR) for fruit growing. The role of seed can be exchanged with supply of PGR exogenously and produce seedless fruit. Seedless fruit could be produced from triploid plant by crossing between tetraploid x diploid plants, *in vitro* culture of endosperm/irradiated pollen and genetic engineering or treated diploid plant by using PGR, pollen stress, chemical agent/ antibiotic and environment/ plant control. The benefit of triploid plant is quicker growth and produce of seedless fruits directly, whereas diploid plant could produce seedless fruits after fruit induction with special treatment. The other advantages of seedless fruit on certain plants are increased yield, fruit size/ weight, carotene and total sugar contents, decreased harvest period, yield fluctuation and blossom-end rot. Seedless fruit is preferential of consumer and give a higher price than the seeded fruit. Recently, seedless fruits of tomato, grape, citrus, cucumber and watermelon have been produced in commercial industries.

Key words: Parthenocarpy, seedless fruit, plant growth regulator, crossing, endosperm culture, triploid plant, genetic engineering, radiation.

ABSTRAK

Buah-buah tanpa biji adalah buah-buah yang terjadi tanpa terbentuk biji, yang disukai konsumen dan harga jualnya menjadi lebih tinggi dibanding buah yang berbiji. Keuntungan lain dari buah tanpa biji pada tanaman tertentu yaitu meningkatkan hasil, ukuran/ berat buah, kandungan karoten dan gula, mempercepat pemanenan, mengurangi fluktuasi panen dan busuk ujung buah. Terjadinya buah dan biji pada tanaman untuk menghasilkan keturunan. Penyerbukan dan pembuahan akan membentuk embrio dan biji, yang akan memproduksi dan memasok zat pengatur tumbuh (ZPT) untuk pertumbuhan buah. Peranan embrio dan biji dapat digantikan dengan pemberian ZPT dari luar dan menyebabkan terbentuknya buah tanpa biji. Buah tanpa biji dapat diproduksi dari tanaman triploid dengan menyilangkan tanaman tetraploid dengan diploid, kultur endosperma secara *in vitro*/ radiasi benangsari, rekayasa genetika atau perlakuan tanaman diploid dengan ZPT, stress benangsari, zat kimia/ antibiotika dan pengaturan lingkungan/ tanaman. Metoda yang paling baik untuk memproduksi buah tanpa biji adalah dengan perlakuan kultur endosperma/ radiasi benangsari secara *in vitro* untuk menghasilkan tanaman triploid. Tanaman triploid menyebabkan pertumbuhan menjadi lebih cepat dan memproduksi buah-buah tanpa biji secara langsung. Kini, buah-buah tomat, anggur, jeruk, ketimun dan semangka tanpa biji telah diproduksi dalam skala besar secara komersial.

Kata kunci: Buah tanpa biji, zat pengatur tumbuh, penyilangan, kultur endosperma, tanaman triploid, rekayasa genetika, radiasi

PENDAHULUAN

Istilah partenokarpi pertama kali diperkenalkan oleh Noll pada tahun 1902 untuk menunjukkan peristiwa pembentukan buah tanpa penyerbukan atau melalui rangsangan. Winkler 1908 mengatakan partenokarpi adalah pembentukan buah tanpa biji atau buah dengan biji yang hampa; dewasa ini umumnya partenokarpi diartikan sebagai peristiwa pembentukan buah tanpa pembuahan bakal buah (Tukey, 1954; Weaver, 1972). Partenokarpi merupakan suatu peristiwa mencengangkan dan aneh karena pembentukan buah tanpa melalui pembuahan sel telur, tanaman

memerlukan banyak energi untuk pembesaran buahnya, tetapi tidak memperoleh keturunan dengan tidak terbentuknya biji. Partenokarpi banyak terjadi pada tanaman yang mempunyai sejumlah besar sel telur dalam buahnya, seperti buah pisang, nenas, tomat, melon dan ara (Leopold, 1964).

Nitsch (1952) membagi dalam dua golongan berdasarkan penyebab terjadinya partenokarpi, yaitu partenokarpi karena pengaruh genetik dan lingkungan. Pengaruh genetik dapat terjadi secara alami, seperti pada jeruk, ketimun, kesemek, ara, pir, anggur, pisang (Avery *et al.*, 1947). Pengaruh lingkungan secara alami

terutama karena cuaca, yaitu kabut yang hebat pada bulan Juni menyebabkan buah zaitun tidak berbiji, beku malam (*frost*) terjadi pada buah pir, suhu rendah pada musim gugur terjadi pada terong (Rotino *et al.*, 1997), suhu rendah pada musim dingin bulan Desember pada buah tomat (Mohamed, 1998); juga karena penyerbukan oleh tepungsari asing atau serangga (Nitsch, 1952).

Leopold (1964) menggolongkan tiga tipe terjadinya partenokarpi secara alami, yaitu perkembangan buah tanpa terjadinya penyerbukan, seperti pada tomat, lombok, waluh, ketimun, pisang, nenas, jeruk; perkembangan buah dirangsang oleh penyerbukan tetapi pertumbuhan selanjutnya tanpa terjadi pembuahan seperti pada anggrek, *Poa* sp.; gugurnya embrio sebelum buah mencapai kematangan, seperti pada *cherry*, *peach*, anggur.

PERANAN ZAT PENGATUR TUMBUH (ZPT)

Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) berperan besar dalam pembentukan dan pertumbuhan buah. Substansi ini terjadi secara endogen dalam tubuh tanamannya sendiri. Golongan ZPT, seperti auksin antara lain berperan dalam merangsang pembelahan sel, peningkatan plastisitas dan elastisitas dinding sel, mengatur pembungaan dan terjadinya buah; giberelin (GA) antara lain berperan dalam merangsang pertumbuhan jaringan muda, pembungaan dan peningkatan pembelahan sel (Weaver, 1972). Banyak bukti yang menunjukkan adanya hubungan kandungan auksin dengan kegagalan pembentukan buah (Nitsch, 1950). Thimann (cit. Gustafson, 1939) mendapatkan adanya auksin dalam tepungsari. Bakal buah (*ovarium*) mengandung auksin yang aktif, walaupun dalam jumlah sangat sedikit yang dianggap sebagai batas ambang jumlah auksin (Tukey, 1954). Batas ambang jumlah auksin dalam putik akan diubah menjadi auksin yang aktif oleh beberapa substansi yang diduga terjadi karena kegiatan enzim yang berasal dari tabling sari dan dapat mengoksidasi indole-3-acetal dehyde menjadi indole-3-acetic acid (IAA) (Bower *et al.*, 1978). Ada hubungan yang positif antara kandungan GA, dan GA₃ endogen dengan terbentuknya buah-buah jambu biji partenokarpi (Nagar and Rao, 1981), akumulasi kandungan IAA dalam ovarium pada ketimun partenokarpi (Kim *et al.*, 1992).

Pembuahan terjadi bila tepungsari menyerbuki putik, pertumbuhan buah diikuti dengan pembentukan biji dan embrio. Auksin diproduksi terutama dalam jaringan meristem, biji dan embrio, kemudian diedarkan ke seluruh bagian tanaman (Gustafson, 1939; Nitsch, 1952; Coombe, 1960). Konsentrasi auksin tertinggi terdapat dalam endosperm (Coombe, 1960). Auksin berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan buah ditunjukkan bila pusat bakal buah termasuk sel telur (*ovule*) dihilangkan, maka tidak terbentuk buah, tetapi terbentuk buah bila rongga tersebut dibubuhi pasta lanolin yang mengandung auksin (Nitsch, 1952). Buah dapat mengalami keguguran, terbentuk buah yang kecil tanpa biji, bila pasokan ZPT tidak mencukupi, atau terbentuk buah yang tidak simetris karena pasokan ZPT tidak merata yang berkorelasi dengan pembentukan biji. Hal ini menunjukkan peranan tepungsari dapat digantikan dengan ZPT (Thimann cit. Gustafson, 1939; Soedharodjjan, 1962; Sukanto, 1979; Carmi *et al.*, 2003).

Percobaan pada tanaman tomat yang ditumbuhkan dalam rumah kaca pada musim dingin, dimana penyerbukan dan pembentukan buahnya sangat sedikit, ternyata dapat diatasi dengan perlakuan ZPT, selain meningkatkan pembentukan buah, buah yang terbentuk sebagian besar atau seluruhnya tidak berbiji (Meyer and Anderson, 1952). Terbentuknya buah tanpa biji pada tomat, menarik minat para peneliti untuk menggunakan ZPT pada tanaman buah lainnya.

CARAMENDAPATKAN BUAH TANPA BIJI

Buah-buah tanpa biji dapat dihasilkan dari tanaman triploid melalui penyilangan tanaman tetraploid dengan diploid, kultur endosperma/ radiasi tepungsari secara *in vitro* dan rekayasa genetika (*genetic engineering*) atau dari tanaman diploid (normal) dengan perlakuan ZPT, *stress* tepungsari, zat kimia/ antibiotik dan lingkungan/ tanaman.

Penyilangan Tanaman Tetraploid dengan Diploid

Tanaman tetraploid ($2n=4x$) adalah tanaman yang mempunyai jumlah kromosom kelipatan empat dari kromosom dasarnya ($4n$), biasanya merupakan hasil dari perlakuan zat kimia colchicine atau oryzalin untuk menggandakan jumlah kromosomnya. Tanaman diploid

($2n=2x$) adalah tanaman normal yang biasanya jumlah kromosomnya kelipatan dua dari kromosom dasarnya ($2n$). Persilangan kedua tanaman tersebut akan menghasilkan tanaman triploid ($2n=3x$) yang jumlah kromosomnya kelipatan tiga dari kromosom dasarnya ($3n$). Tanaman triploid memberikan keuntungan, yaitu pertumbuhannya lebih cepat, buahnya lebih besar, tidak berbiji dan lebih produktif, seperti pada pepaya, pisang, apel, jeruk, anggur (De Zepa, 1957; Soost and Cameron, 1980; Sanford, 1983; Oiyama and Kobayashi, 1990; Thomas and Chaturvedi, 2008) dan ketimun (Chen *et al*, 2003), juga untuk mendapatkan pembungaan awal, aroma yang baik dan mudah dikupas pada jeruk melalui fiisi protoplast (Guo *et al*, 2000; Wu *et al*, 2005).

Kultur Endosperma/ Radiasi Tepungsari Secara

in vitro

Endosperma adalah jaringan triploid yang terdapat pada biji, hasil dari penyatuan dua inti polar gamet betina dengan satu inti gamet jantan. Kultur endosperma merupakan suatu teknik alternatif untuk menghasilkan tanaman triploid secara langsung, hanya melalui satu pentahapan (Sita, 1987) dibandingkan dengan cara penyilangan yang harus mendapatkan dahulu tanaman tetraploid melalui penggandaan kromosom dan menunggu tersedianya bunga betina dan jantan yang masak bersamaan. Keberhasilan kultur endosperma secara *in vitro* dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu: umur yang tepat (berapa hari setelah penyerbukan) menentukan keberhasilan, seperti 7-10 hari pada ketimun (Nakajima, 1962), 35-60 hari pada loquat (Chen *et al*, 1988), 56 hari pada *walnut* (Tulecke *et al.*, 1988), 21 hari pada tomat (Kagan-Zur *et al*, 1990), 84-98 hari pada jeruk besar cv White Siamese dan jeruk manis cv Ridge Pineapple (Gmitter *et al*, 1990), 85-95 hari pada jeruk besar cv Tosa-Buntan (Yang *et al*, 2000), jeruk manis cv Hongjiang (Chen *et al.*, 1990), 28 hari pada *blackberry* (Cantoni *et al*, 2009).

Selain umur endosperma, keberhasilan kultur endosperma secara *in vitro* juga dipengaruhi oleh faktor penyertaan zigot embrio, formulasi media, pencoklatan dan umur kultur (Sukanto, 2010). Media kultur yang paling sering digunakan untuk kultur endosperma adalah Murashige and Skoog (1962) karena kandungan

garam anorganik dan nitrogen yang lebih besar (Chen *et al*, 1988) dan zat pematnya adalah phytigel karena kemurnian dan kandungan substansi perangsangnya (Ladyman and Girard, 1991). Kultur endosperma umumnya memerlukan kombinasi auksin dengan sitokinin untuk pembentukan kalusnya, seperti 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) 9×10^{-6} M + 6-benzylamino purine (BA) 22×10^{-6} M, gibberellic acid (GA) $6-43 \times 10^{-6}$ M untuk pembentukan embrio dan planletnya pada *Citrus grandis* cv Bei-pei dan *C. sinensis* cv Chin-cheng (Wang and Chang, 1978), 2,4-D 2×10^{-6} M + BA 2×10^{-6} M, GA $0,3-14 \times 10^{-6}$ M untuk pembentukan akar dan planletnya pada *C. sinensis* cv Hongjiang (Chen *et al*, 1990), 2,4-D 9×10^{-6} M + BA 22×10^{-6} M + 6-furfurylamino purine (Kn) 23×10^{-6} M dan BA 10^{-6} M + Adenine 15×10^{-6} M + GA 6×10^{-6} M untuk pembentukan embrio, akar dan planletnya pada *C. sinensis* cv Ridge Pineapple (Gmitter *et al*, 1990), 2,4-D 0,5 mg/l + B A 1,5 mg/l + IAA 0,5 mg/l, GA 3×10^{-6} M + BA 2 mg/l untuk pembentukan tunas dan 2,4-D 2×10^{-6} M + BA 2×10^{-6} M + IAA 1,5 mg/l untuk pengakaran pada pir (Zhao, 1988), zeatin 3 mg/l + NAA 0,1 mg/l dan ditransfer ke zeatin 3 mg/l + 2,4-D 0,5 mg/l pada *Chinese gooseberry* (Gui *et al*, 1988). Endosperma pepaya memerlukan 2,4-D 6 μ M + NAA 2,5 μ M + Kn 4 μ M, 1,5 μ M BA + 3 μ M IAA untuk pembentukan tunas dan indole-3-butyric acid (IBA) 2 μ M untuk perakaran (Sun *et al*, 2011), tetapi kultur endosperma kelapa tidak memerlukan auksin untuk pembentukan kalusnya dan 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid (picloram) lebih baik dibanding 2,4-D dalam merangsang organogenesis (Sukanto, 1996). Peranan sitokinin diperlukan untuk pembentukan tunas pada endosperma, seperti BA 10^{-5} M pada kelapa (Sukanto, 1996), thidiazuron (TDZ) 0,5 mg/l pada *Actinidia deliciosa* cv Hayward (Goralski *et al*, 2005), BA 0,44 μ M + GA₃ 2,89 μ M pada *Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx* (Miyashita *et al*, 2009).

Perlakuan tepungsari tanaman kiwi dengan radiasi sinar gamma dosis 900 Gy dan ditumbuhkan secara *in vitro* dapat menghasilkan tanaman triploid langsung walaupun tergantung pada genotipe dan dosis radiasinya (Musial and Przywara, 1998). Perlakuan tepungsari jeruk lemon 'Meyer' dengan radiasi sinar gamma dosis 150-900 Gy dan diserbukkan pada putik tanaman jeruk mandarin menghasilkan

tanaman diploid dan triploid (Froelicher *et al*, 2007).
lakuan Rekayasa Genetika (*Genetic Engineering*)

Pada prinsipnya rekayasa genetika tanaman memungkinkan pengubahan suatu sifat yang dituju menjadi jenis berbeda dan dalam jenis menjadi varietas yang dituju. Untuk mengubah buah partenokarpi, suatu gen chimera dikonstruksi, khususnya penggunaan gen *DefH9-iaaM* yang mengandung daerah pengkode gen *iaaM* dari *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* di bawah kendali promotor spesifik plasenta dan ovule dari gen *DefH9* dari *Anthirrinum majus*. Gen *iaaM* mengkode tryptophan monooxygenase yang memproduksi indolacetamide, kemudian secara kimiawi atau enzimatis diubah menjadi auksin indole-3-acetic acid. Penggunaan gen *DefH9-iaaM* telah menghasilkan buah partenokarpi pada tembakau dan terung (Rotino *et al*, 1997; Acciarri *et al*, 2002), tomat (Ficcadenti *et al*, 1999).

Tanaman tomat ditransformasi dengan suatu konstruksi chimera mengandung gen *rolB* berfusi pada *ovary* dan promotor spesifik buah muda *TPRP-F1* menghasilkan buah-buah yang tanpa biji (Carmi *et al*, 2003). Gen kloroplas chaperonin 21 (ch-Cpn21) adalah suatu gen yang ekspresinya berbeda dari anggur galur 'Thompson' yang berbiji dan tanpa biji, merupakan 21-kDa co-chaperonin polypeptide yang dibentuk oleh dua GroES yang berfusi berurutan dan diduga menyebabkan gugurnya biji hingga menghasilkan buah anggur tanpa biji (Hanania *et al*, 2007). Tanaman anggur tanpa biji transgenik juga dapat diperoleh dari meristem pucuk 'Thompson seedless' dengan perantaraan transformasi *Agrobacterium* (Dutt *et al*, 2007). Rekayasa genetika selain menghasilkan buah-buah tanpa biji, juga meningkatkan produktifitas buah sekurang-kurangnya 30-35% (Acciarri *et al*, 2002).
Perlakuan ZPT

Tiap jenis tanaman memerlukan ZPT dan metode penggunaan yang spesifik untuk menginduksi terbentuknya buah tanpa biji (Avery *et al*, 1947). Metode ZPT yang praktis digunakan umumnya dalam bentuk larutan dengan cara disemprotkan. Pengemposan tomat dengan P-NOA 250 mg/1000 ft³ menghasilkan 50-98% buah tanpa biji (Mitchell and Whitehead, 1942). Penyemprotan GA₃+IAA 500 mg/l, 2,4-D 40 mg/l atau IBA 500 mg/l menghasilkan buah

tanpa biji 66,7%, 50% dan 24,6% berturut-turut, sedangkan kombinasi perlakuan kastrasi dan ZPT menghasilkan semua buahnya tanpa biji (Sukanto, 1979), lombok besar (*Capsicum annum*) dengan chlorflurenol 100-200 mg/l (Bisaria and Prakash, 1978). Penyemprotan tanaman kiwi dengan N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU) pada 3 hari sebelum pembungaan menghasilkan buah-buah tanpa biji yang kecil, tetapi pada saat pembungaan menghasilkan buah-buah yang besar dan berbiji (Iwahori *et al*, 1988). Penyemprotan CPPU 2 mg/l sebanyak 3 kali pada 1 hari sebelum, 7 dan 14 hari setelah pembungaan atau 5 mg/l sebanyak 2 kali pada 1 hari sebelum dan 7 hari setelah pembungaan atau 10 mg/l sekali pada 1 hari sebelum pembungaan (Hitoshi *et al*, 2010), labu beligo (*Lagenaria leucantha*) dengan CPPU 10-100 mg/l (Yu, 1999; Yu *et al*, 2001), semangka dengan CPPU pada ovarium bunga yang membuka pada semangka menghasilkan buah tanpa biji dan meningkatkan hasil sedikitnya 50% dibanding tanaman triploid yang memerlukan penyerbukan dari tepungsari tanaman diploid. Penyemprotan 2,4-D secara langsung membasahi seluruh tanaman semangka tanpa dibatasi pada ovarium bunga, menyebabkan biaya perlakuan berkurang, hanya hasilnya berkurang 10% (Maroto *et al*, 2005), *loquat* dengan GA₃ 100 mg/l (Mesejo *et al*, 2010).

Perlakuan Tepungsari

Penyerbukan bunga labu *Cucurbita pepo* dengan tepungsari yang telah lama dan mengalami pengeringan (*stress*) akan menghasilkan buah-buah yang tanpa biji (Gay *et al*, 1987). Penyerbukan yang terjadi dengan tepungsari yang daya kecambahnya rendah (< 10%) dapat menyebabkan buah pepino tidak berbiji (Ercan and Akilli, 1996). Perlakuan tepungsari dengan radiasi sinar gamma dosis 800-1000 Gy dan diserbukkan pada putik tanaman semangka cv. 'Fujihikari' menghasilkan buah tanpa biji, sedangkan dosis 400-1000 Gy pada semangka cv. 'Benikodama' menghasilkan buah tanpa biji yang lebih manis dibanding kontrol (Sugiyama and Morishita, 2000), dosis 600 and 800 Gy menghasilkan buah semangka tanpa biji karena tabung tepungsari yang normalnya menembus ke dalam sinergida dan sel sperma dikeluarkan, inti sel telur dan inti sperma melekat jadi

satu dalam sel telur, globular embrio terbentuk tetapi embrio gagal berdiferensiasi dan mengalami degenerasi; perlakuan tepungsari semangka dengan sinar gamma dapat meningkatkan hasil, kandungan karotin, gula, berat buahnya dan ada kecenderungan kulit buahnya berkurang (Moussa and Salem, 2009).

Perlakuan Zat Kimia/Antibiotik

Penyemprotan zat kimia $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 25 mg/l pada tanaman jeruk mandarin 'Clemenules' sebelum bunganya mekar dan jeruk 'Afourer' pada saat bunga mekar penuh meningkatkan terbentuknya buah-buah tanpa biji tanpa mengurangi hasil buahnya (Mesejo *et al.*, 2006). Penyemprotan streptomycin 400 mg/l pada perbungaan 6-8 hari sebelum bunga mekar, diikuti dengan penyemprotan GA_3 30 mg/l pada perbungaan 12 hari setelah mekar akan menghasilkan dompolan buah anggur 466 g dan 100% tanpa biji dengan berat rata-rata per buah 6,3 g (Pommer *et al.*, 1996).

Perlakuan Lingkungan/Tanaman

Perlakuan suhu rendah 26°C pada malam hari dan intensitas cahaya yang tinggi pada siang hari dengan suhu 32°C akan menghasilkan buah-buah tanpa biji 53% pada tanaman tomat (Sato *et al.*, 2001). Perlakuan tanaman dengan mengupas kulit selebar 1 cm sampai batas kayunya sekeliling batang menyebabkan hasil asimilasi/ ZPT giberelin tertahan di atas luka irisan hingga meningkatkan ukuran buah dan menghasilkan buah-buah tanpa biji pada tanaman anggur (Weaver and Pool, 1965) dan loquat (Mesejo *et al.*, 2010).

PEMBAHASAN

Persilangan antara tanaman tetraploid dan diploid merupakan suatu metoda sederhana yang dapat menghasilkan tanaman triploid, banyak dilakukan oleh industri benih. Petani tidak dapat memperbanyak benih dari tanaman triploid hingga selalu membeli benih dari industri benih. Metode persilangan menghadapi banyak kendala yaitu memerlukan waktu yang panjang, melalui pentahapan penggandaan kromosom untuk mendapatkan tanaman tetraploid, menunggu pembungaan tanaman diploid dan tetraploid untuk dapat disilangkan. Daya kecambah biji hasil persilangan yang rendah karena ada kegagalan endosperma berkembang yang berkorelasi dengan nisbah (*ratio*) jumlah kromosom embrio dengan

endosperma yang tidak tepat 2 : 3 seperti pada biji yang normal, diikuti dengan keguguran embrio (Sita, 1987; Soost, 1987).

Rekayasa genetika tanaman memerlukan teknik, peralatan dan bahan kimia yang canggih dan mahal. Buah tanaman hasil rekayasa genetika memerlukan waktu yang lama untuk pembuktian keamanan dikonsumsi dan masih dipersoalkan keberadaannya. Perlakuan ZPT, tepungsari, zat kimia/ antibiotik, lingkungan/ tanaman merupakan metode yang paling sederhana, tetapi memerlukan perlakuan beberapa kali dan menghasilkan buah-buah yang tidak semuanya tanpa biji (Mitchell and Whitehead, 1942; Sukamto, 1979; Hitoshi *et al.*, 2010; Mesejo *et al.*, 2010).

Kultur endosperma/ radiasi tepungsari secara *in vitro* merupakan metode yang terbaik karena akan mendapatkan tanaman triploid dan akan menghasilkan buah-buah yang seluruh buahnya tanpa biji. Metode ini memerlukan pengambilan endosperma/tepungsari pada umur tertentu, penyertaan/ tidak zigot embrio, dosis radiasi yang tepat pada perlakuan tepungsari, formulasi media yang sesuai, jenis ZPT dan dosis yang tepat, menghindari pencoklatan (*browning*) dan umur kultur yang tidak terlalu lama (Sukamto, 2010).

Di Indonesia, buah-buah yang berbiji banyak sangat potensial untuk dikembangkan sebagai buah tanpa biji, seperti srikaya, sirsak, jeruk, delima, rambutan, duku, manggis dan durian. Buah-buah tersebut bila tanpa biji akan lebih disukai konsumen dan meningkatkan harga jualnya, juga ada keuntungan tambahan pada tanaman tertentu yaitu meningkatkan produktivitas, likiiran, berat, kandungan karotin dan gula (Moussa and Salem, 2009), mempercepat pemanenan, mengurangi fluktuasi panen dan busuk ujung buah (*blossom-end rot*) (Heuvelink and Korner, 2001). Kultur endosperma adalah metode yang paling efektif dengan mengambil eksplan berupa endosperma dari buah-buah yang masih muda dengan mencoba berbagai umur eksplan, formulasi media, perlu penyertaan/tidak zigot embrio, pembatasan terjadinya pencoklatan dan penuaan kultur untuk mendapatkan respon pertumbuhan endosperma yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Acciarri N, F Restaino, G Vitelli, D Perrone, M Zottini, T Pandolfini, A Spena and GL Rotino. 2002. Genetically modified parthenocarpic eggplants: improved fruit productivity under both greenhouse and open field cultivation. *BMC Biotechnology* 2, 4. <http://www.biomedcentral.com/1472-6750/2/4>.
- Avery GSJr, EB Johnson, RM Addoms and BF Thomson. 1947. *Hormones and Horticulture*. 1st Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London.
- Bisaria AK and U Prakash. 1978. Growth, sex expression, pollen germination and yield in pepper as affected by chlorflurenol. *Scientia Horticulturae* 9(1), 15-20.
- Bower PJ, HM Brown and WK Purves. 1978. Cucumber seedling indoleacetaldehyde oxidase. *Plant Physiology* 61(1), 107-110.
- Cantoni L, G Berardi and P Rosati. 2009. Callus induction from endosperm culture of blackberry. <http://www.actahort.org/members/showpdt?booknrnr=35220=abstract>.
- Carmi N, Y Salts, B Dedicova, S Shabtai and R Barg. 2003. Induction of parthenocarpy in tomato via specific expression of the *rolB* gene in the ovary. *Planta* 217(5), 726-735.
- Chen Z, S Lin and Q Lin. 1988. The development of plantlets from the endosperm of loquat. In: *Genetic Manipulation in Crops*, 363-364. Proceedings of the International Symposium on Genetic Manipulation in Crops, Beijing.
- Chen RZ, G Li, LY Zhang and CY Kuo. 1990. Somatic embryogenesis of endosperm of sweet orange (*Citrus sinensis* cv. Hongjiang) *in vitro* culture. In: *Proceedings International Citrus Symposium*, 182-187. Guangzhao, China.
- Chen JF, XD Luo, JE Staub, MM Jahn and CT Qian. 2003. An allotriploid derived from a amphidiploids x diploid. *Euphytica* 131(2), 235-241.
- Coombe BC. 1960. Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins, and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. *Plant Physiology* 35(2), 241-249.
- De Zarpa DM. 1957. Triploides de *Carica papaya* (Triploids of *Carica papaya*). *Agronomia Tropical* VII(2), 83-86.
- Dutt M, ZT Li, SA Dhekney and DJ Gray. 2007. Transgenic plants from shoot apical meristems of *Vitis vinifera* L. "Thompson Seedless" via *Agrobacterium* - mediated transformation. *Plant Cell Reports* 26(12), 2101-2110.
- Ercan N and M Akilli. 1996. Reason for parthenocarpy and the effects of various hormone treatments on fruit set in pepino (*Solanum muricatum* Ait.). *Scientia Horticulturae* 66(3-4), 141-147.
- Ficcadenti N, S Sestili, T Pandolfini, C Cirillo and GL Rotino. 1999. Genetic engineering of parthenocarpic fruit development in tomato. *Molecular Breeding* 5(5), 463-470.
- Froelicher Y, JB Bassene, E Jedidi-Neji, D Dambier and R Morillon. 2007. Induced parthenogenesis in mandarin for haploid production: induction procedures and genetic analysis of plantlets. *Plant Cell Reports* 26(7), 937-944.
- Gay G, C Kerhoas and C Dumas. 1987. Quality of a stress-sensitive *Cucurbita pepo* L. Pollen. *Planta* 171(1), 82-87.
- Gmitter FGJr, XB Ling and XX Deng. 1990. Induction of triploid *Citrus* plants from endosperm calli *in vitro*. *Theoretical Applied Genetics* 80, 785-790.
- Goralski G, M Popielarska, H Slesak, D Siwinska and M Batycka. 2005. Organogenesis in endosperm of *Actinidia deliciosa* cv. Hayward cultured *in vitro*. *Ada Biologica Cracoviensis Series Botanica* 47(2), 121-128.
- Gui Y, S Guo and T Xu. 1988. Differentiation of organs in endosperm culture of Chinese gooseberry. In: *Genetic Manipulation in Crops*, 364-366. Proceedings of the International Symposium on Genetic Manipulation in Crops, Beijing.
- Guo WW, XX Deng and HL Yi. 2000. Somatic hybrids between navel orange (*Citrus sinensis*) and grapefruit (*C. paradise*) for seedless triploid breeding. *Euphytica* 116(3), 281-285.
- Gustafson FG. 1939. The cause of natural parthenocarpy. *American Journal of Botany* 26, 135-138.
- Hanania U, M Velcheva, E Or, M Flaishman and N Sahar. 2007. Silencing of chaperonin 21 that was differentially expressed in inflorescence of seedless and seeded grapes, promoted seed abortion in tobacco and tomato fruits. *Transgenic Research* 16(4), 515-525.
- Heuvelink E and O Korner. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. *Annals of Botany* 88(1), 69-74.
- Hitoshi O, I Jun'ichi, K Satoru, H Naoki, M Hiroyuki, H Naomi and T Eikichi. 2010. Induction of fruit set and growth of parthenocarpic 'Hayward' kiwifruit with plant growth regulators. http://sciencelinks.jp/i-east/article/200002/000020000299A09_22094.php.
- Iwahori S, S Tominaga and T Yamasak. 1988. Stimulation of fruit growth of kiwifruit, *Actinidia chinensis* Planch. By N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, a diphenylurea-derivative cytokinin. *Scientia Horticulturae* 35(1-2), 109-115.
- Kagan-Zur V, D Mills and Y Mizrahi. 1990. Callus formation from tomato endosperm. *Ada Horticulturae* 280, 139-142.
- Kim IS, H Okubo and K Fujieda. 1992. Endogenous levels of IAA in relation to parthenocarpy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 52(1-2), 1-8.
- Ladyman JAR and B Girard. 1991. Non-hormonal factors that improve the multiplication and development of somatic embryos of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Ada Horticulturae* 300, 233-236.
- Leopold AC. 1964. *Plant Growth and Development*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Maroto JV, A Miguel, S Lopez-Galarza, AS Bautista and B Pascual. 2005. Parthenocarpic fruit set in triploid watermelon induced by CPPU and 2,4-D applications. *Plant Growth Regulation* 45(3), 209-213.
- Mesejo C, A Martinez-Fuentes, C Reig, F Rivas and M Agusti. 2006. The inhibitory effect of CuSO₄ on *Citrus* pollen germination and pollen tube growth and its application for the production of seedless fruit. *Plant Science* 170, 37-43.
- Mesejo C, C Reig, A Martinez-Fuentes and M Agusti. 2010. Parthenocarpic fruit production in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by using gibberellic acid. *Scientia Horticulturae* 126(1), 37-41.

- Meyer BS and DB Anderson. 1952. *Plant Physiology*. 2nd Edition. Maruzen Company, Limited. Tokyo, Japan.
- Mitchell JW and MR Whitehead. 1942. Effects of vaporous naphthoxyacetic acid on development of tomato fruits, with special reference to their vitamin C content. *Botanical Gazette* **104**(2), 362-365.
- Miyashita T, T Ohashi, F. Shibata, H Araki and Y Hoshino. 2009. Plant regeneration with maintenance of the endosperm ploidy level by endosperm culture in *Lonicera caerulea* var. *emphylocalyx*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. **98**(3), 291-301.
- Mohamed MF. 1998. Characteristics and inheritance of natural facultative-parthenocarpic fruit-set in 'Nadja' tomato under low temperature conditions. *Euphytica* **103**(2), 211-217.
- Moussa HR and AAE Salem. 2009. Induction of parthenocarpy in watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivars by gamma irradiation. *Ada Agronomica Hungarica* **57**(2), 1588-2527.
- Murashige T and F Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiological Plantarum* **15**, 473-497.
- Musial K and L Przywara. 1998. Influence of irradiated pollen on embryo and endosperm development in kiwifruit. *Annals of Botany* **82** (6), 747-756.
- Nagar PK and TR Rao. 1981. Gibberellin-like substances in seedless guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Journal of Horticultural Science* **56**(4), 339-343.
- Nakajima T. 1962. Physiological studies of seed development, especially embryonic growth and endosperm development. *Bulletin University Osaka Prefecture Serie B*. **13**, 13-48.
- Nitsch JP. 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany* **37**, 211-215.
- Nitsch JP. 1952. Plant hormones in the development of fruits. *The Quarterly Review in Biology* **27**, 48-51.
- Oiyama I and S Kobayashi. 1990. Polyembryony in underdeveloped monoembryonic diploid seeds crossed with a *Citrus* tetraploid. *HortScience* **25**(10), 1276-1277.
- Pommer CV, EJP Pires, MM Terra and IRS Passos. 1996. Streptomycin-induced seedlessness in the grape cultivar Rubi (Italia red). *American Journal for Enology and Viticulture* **47**(3), 340-342.
- Rotino GL, E Perri, M Zottini, H Sommer and A Spena. 1997. Genetic engineering of parthenocarpic plants. *Nature Biotechnology* **15**, 1398-1401.
- Sanford JC. 1983. Ploidy manipulations. In: J.N. Moore and J. Janick (Eds.). *Methods in Fruit Breeding*, 100-123. Purdue University Press. Indiana.
- Sato S, MM Peet and RG Gardner. 2001. Formation of parthenocarpic fruit, undeveloped flowers and aborted flowers in tomato under moderately elevated temperatures. *Scientia Horticulturae* **90**, 243-254.
- Sita, GL. 1987. Triploids. In: Bonga, J.M. and D.J. Durzan (Eds.). *Cell and Tissue Culture in Forestry Vol. 2*, 269-284. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Soedharoedjian. 1962. Beberapa tjatatan mengenai usaha-usaha memperoleh buah-buah parthenocarp buatan pada tanaman lombok (*Capsicum annum* L.) dan tomat (*Solanum lycopersicum* L.). In: A Dilmy (Ed.). *Laporan Konggres Ilmu Pengetahuan Nasional*, 323-342. Madjelis Ilmu Pengetahuan Indonesia, Departemen Urusan Research Nasional, Djakarta.
- Soost RK and JW Cameron. 1980. 'Oroblanco', a triploid pummelo-grapefruit hybrid. *HortScience* **15**(5), 667-669.
- Soost RK. 1987. Breeding C/frws-genetics and nucellar embryony. In: AJ Abbott and RK Atkin (Eds.). *Improving Vegetatively Propagated Crops*, 83-110. Academic Press, London.
- Sugiyama K and M Morishita. 2000. Production of seedless watermelon using soft-X-irradiated pollen. *Scientia Horticulturae* **84**(3-4), 255-264.
- Sukanto A. 1979. Induksi buah partenocarp dengan perlakuan beberapa zat pengatur tumbuhan pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Tests*. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sukanto LA. 1996. Endosperm Culture of Coconut. *Disertasi*. Program Studi University of Hawaii, USA.
- Sukanto LA. 2010. Kultur *in vitro* endosperma, protocol yang efisien untuk mendapatkan tanaman triploid secara langsung. *Jurnal AgroBiogen* **6**(2), 107-112.
- Sun DQ, XH Lu, GL Liang, QG Guo and YW Mo. 2011. Production of triploid plants of papaya by endosperm culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **104**(1), 23-29.
- Thomas TD and R Chaturvedi. 2008. Endosperm culture: a novel method for triploid plant. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* **93**(1), 1-14.
- Tukey HB 1954. *Plant Regulators in Agriculture*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Tulecke W, GMc Granaham and H Ahmadi. 1988. Regeneration by somatic embryogenesis of triploid plants from endosperm of walnut, *Juglans regia* L. Cv. Manregian. *Plant Cell Reports* **7**, 301-304.
- Weaver RJ and RM Pool. 1965. Relation of seededness and ringing to gibberellin-like activity in berries of *Vitis vinifera*. *Plant Physiology* **40**(4), 770-776.
- Weaver RJ. 1972. *Plant Growth Substances in Agriculture*. WH Freeman and Company, San Francisco.
- Wu JH, AR Ferguson and PA Mooney. 2005. Allotetraploid hybrids produced by protoplast fusion for seedless triploid *Citrus* breeding. *Euphytica* **141**(3), 229-235.
- Yang X, A Kitajima and K Hasegawa. 2000. Callus induction and embryoid regeneration from the endosperm culture of 'Tosa-Buntan' pummelo (*Citrus grandis* [L.]). *Environmental Control Biology* **38**(4), 241-246.
- Yu JQ. 1999. Parthenocarpy induced by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU) prevents flower abortion in Chinese white-flowered gourd (*Lagenaria leucantha*). *Environmental and Experimental Botany* **42**(2), 121-128.
- Yu JQ, Y Li, YR Qian and ZJ Zhu. 2001. Cell division and cell enlargement in fruit of *Lagenaria leucantha* as influenced by pollination and plant growth substances. *Plant Growth Regulation* **33**(2), 117-122.
- Zhao HX 1988. Induction of endosperm plantlets of 'Jinfeng' pear *in vitro* and their ploidy. In: *Genetic Manipulation in Crops*, 123-124. Proceedings of the International Symposium on Genetic Manipulation in Crops. Beijing.